



(19)

(11) Publication number: 11320376 A

Generated Document

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 10153889

(51) Intl. Cl.: B24B 27/00 H01L 21/304 H01L 21/304

(22) Application date: 19.05.98

(30) Priority: (43) Date of application publication: 24.11.99 (84) Designated contracting states:	(71) Applicant: NEC CORP (72) Inventor: INABA SEIICHI KATSURAYAMA TAKAO TANAKA MORIMITSU (74) Representative:
---	---

(54) POLISHING DEVICE AND POLISHING METHOD

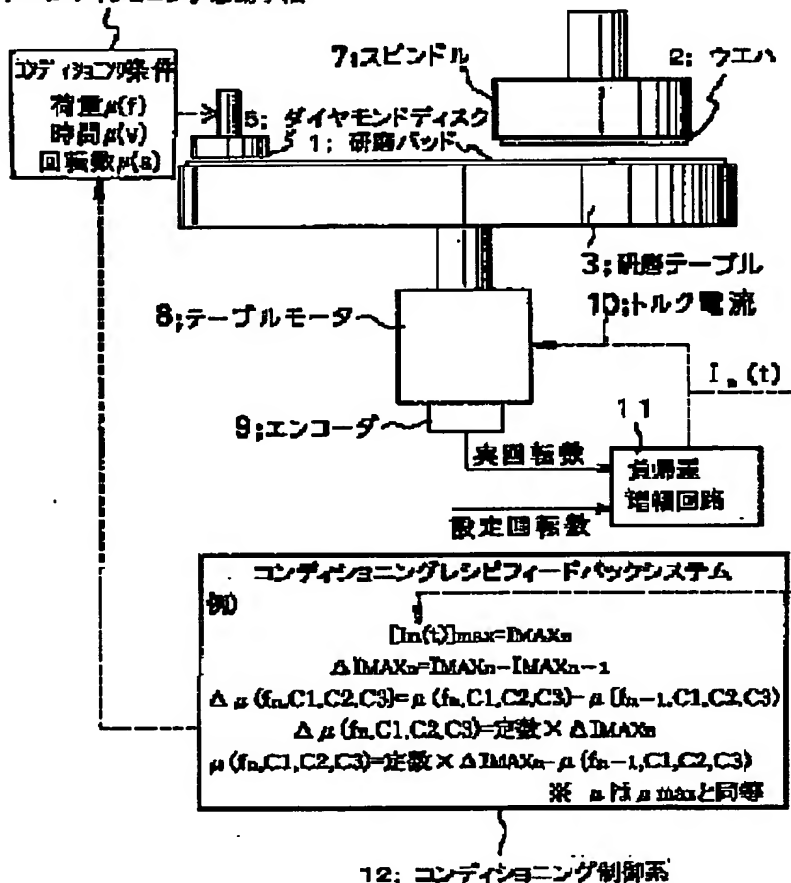
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polishing device and a polishing method to perform stable polishing despite of a change of an object to be polished and disturbance, such as a change with the lapse of time, of the polishing means.

SOLUTION: This polishing device comprises a polishing pad 1 to polish a substrate; a polishing table 3 on which the polishing pad 1 is affixed; a table motor 8 to drive the polishing table 3; the conditioning means 5 for the polishing pad 1; and a conditioning control system 12 to set a conditioning condition. Based on a friction force between the polishing pad 1 and the substrate and a torque current 10, the conditioning condition of the polishing pad 1 is set.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

4: コンディショニング駆動手段



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11) 特許番号

第2956694号

(45) 発行日 平成11年(1999)10月4日

(24) 登録日 平成11年(1999)7月23日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 2 4 B 37/00

B 2 4 B 37/00

A

H 0 1 L 21/304

6 2 1

H 0 1 L 21/304

6 2 1 D

6 2 2

6 2 2 M

請求項の数11(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-153889

(22) 出願日 平成10年(1998)5月19日

審査請求日 平成10年(1998)5月19日

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 稲森 新一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 葛山 貞生

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 田中 盛光

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 加藤 朝道

審査官 鈴木 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨装置及び研磨方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨前に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、前記基板の研磨工程毎に該基板の研磨に先立って前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有することを特徴とする研磨装置。

【請求項2】 基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨前に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有し、

前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力が一定と

2

なるように前記コンディショニング手段を制御することを特徴とする研磨装置。

【請求項3】 前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力に応じた信号であって前記研磨手段を駆動するトルク電流に基づき、前記コンディショニング手段を制御することを特徴とする請求項1又は2記載の研磨装置。

【請求項4】 前記コンディショニングは、前記基板の研磨工程と前記基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）の間に実行され、

さらに、前記トルク電流信号を検出し、前記コンディショニング制御系に出力するトルク電流検出手段を有し、前記コンディショニング制御系は、前記トルク電流検出手段から入力された検出信号に基づき、前記トルク電流の最大値が各々の前記ランにおいて互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備

えたことを特徴とする請求項3記載の研磨装置。

【請求項5】前記コンディショニングは、前記基板の研磨工程と前記基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）の間に実行され、

さらに、前記摩擦力に応じた信号であって前記研磨手段を駆動するトルク電流信号を検出し、前記コンディショニング制御系に出力するトルク電流検出手段を有し、前記コンディショニング制御系は、前記トルク電流検出手段から入力された検出信号に基づき、基板研磨中に流れる前記トルク電流の総和が各々の前記ランにおいて互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備えたことを特徴とする請求項3記載の研磨装置。

【請求項6】前記設定手段が設定するコンディショニング条件は、前記コンディショニング手段が前記研磨手段に作用するコンディショニング荷重、コンディショニング時の前記研磨手段の回転数、コンディショニング時間、及び前記コンディショニング手段の粗さ、の一種以上であることを特徴とする請求項4又は5記載の研磨装置。

【請求項7】前記設定手段は、前記ラン同士におけるトルク電流の最大値の変化量と、前回のコンディショニング荷重と、に基づいて、次のコンディショニング荷重を設定することを特徴とする請求項6に記載の研磨装置。

【請求項8】前記研磨手段は、研磨粒子又は屑を捕捉するトラップが形成される研磨パッドが貼着された研磨テーブルであることを特徴とする請求項1～5のいずれか一記載の研磨装置。

【請求項9】基板の研磨工程中に該基板と研磨手段の間に作用する摩擦力を検出し、前記検出した摩擦力に基づいて前記基板の研磨工程毎に該基板の研磨に先立って前記研磨手段をコンディショニングし、次の基板の研磨工程を行うことを特徴とする研磨方法。

【請求項10】基板の研磨工程中に基板を研磨する研磨手段を駆動するためのトルク電流を検出し、前記トルク電流に基づいて前記研磨手段をコンディショニングし、次の基板の研磨工程を行うことを特徴とする研磨方法。

【請求項11】一の基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）における前記トルク電流の最大値を検出し、ラン同士の最大トルク電流値の変化量と、前回のコンディショニング条件に基づいて、今回のコンディショニング条件を設定することを特徴とする請求項10記載の研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は研磨装置及び研磨方法に関し、特に基板を研磨するための研磨装置及びその研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図12（A）及び（B）に、従来のウエ

ハ（基板）の研磨装置を示す。図12（A）及び（B）を参照して、従来の研磨装置によれば、回転する研磨テーブル3に貼着された研磨パッド1上にスラリー供給手段6から研磨剤を含むスラリーが滴下され、スピンドル7により回転駆動されるウエハ2が研磨パッド1に押し付けられることにより、ウエハ2の研磨が行なわれる。また、研磨パッド1表面に形成されたトラップ（溝）に詰まった研磨屑などを除去するため、研磨工程（ラン）と研磨工程（ラン）の合間に、コンディショニング駆動手段4に取り付けられたダイヤモンドディスク5を用いて、研磨パッドのコンディショニング（これを「Ex-SITUコンディショニング」という）が行われる。

【0003】従来、コンディショニング条件は、製品となるウエハの研磨工程に先だって実行されるパイロット作業から求められている。すなわち、従来のコンディショニング条件設定方法によれば、コンディショニング時間を変えて多数のパイロット（ブランクのウエハ）を研磨し、所定時間研磨後のパイロットの厚さをそれぞれ測定し、パイロット厚さが設定した厚さとなったときのコンディショニング時間を、コンディショニング条件として採用している。同一ロット群、同一パターン群の研磨を行う場合においても、ロット数十枚毎にブランクウエハを用いたパイロット作業を行い、このパイロット作業の結果に基づきコンディショニング時間を決定している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の技術によれば以下の問題点がある。すなわち、第1の問題点として、一のパイロット作業と次のパイロット作業の間では、コンディショニング条件が更新されず一律なコンディショニングが実行される。このため、研磨パッドの表面状態変化、ロット間のバラツキや研磨剤のバラツキなどの外乱によって、一のパイロット作業と次のパイロット作業の間に実行されたラン毎に研磨速度がバラツキ、その結果、ウエハを過剰に研磨するおそれがある。

【0005】第2の問題点として、研磨パッドのへたり、目詰まりなどによる研磨効率低下の程度は、研磨対象の種類（膜種など）、ウエハに作成されたデバイスパターンによって変化するため、従来のコンディショニング設定方法によれば、性状の異なる部分毎にそれに応じたパイロット作業を行い、コンディショニングの条件出しをする（レシピ作成）必要がある。

【0006】本発明の目的は、研磨対象の相違や研磨手段の経時変化に拘わらず、安定した研磨を可能とする研磨装置及び研磨方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の視点において、基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨前に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショ

ニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、前記基板の研磨工程毎に該基板の研磨に先立って前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有する。

【0008】本発明は、第2の視点において、基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨前に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有し、前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力が一定となるように前記コンディショニング手段を制御する。第3の視点において、前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力に応じた信号であって前記研磨手段を駆動するトルク電流に基づき、前記コンディショニング手段を制御する。第4の視点において、前記コンディショニングは、前記基板の研磨工程と前記基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）の間に実行され、さらに、前記トルク電流信号を検出し、前記コンディショニング制御系に出力するトルク電流検出手段を有し、前記コンディショニング制御系は、前記トルク電流検出手段から入力された検出信号に基づき、前記トルク電流の最大値が各々の前記ランにおいて互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備える。第5の視点において、前記コンディショニングは、前記基板の研磨工程と前記基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）の間に実行され、さらに、前記摩擦力に応じた信号であって前記研磨手段を駆動するトルク電流信号を検出し、前記コンディショニング制御系に出力するトルク電流検出手段を有し、前記コンディショニング制御系は、前記トルク電流検出手段から入力された検出信号に基づき、基板研磨中に流れる前記トルク電流の総和が各々の前記ランにおいて互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備える。

【0009】第6の視点において、前記設定手段が設定するコンディショニング条件は、前記コンディショニング手段が前記研磨手段に作用するコンディショニング荷重、コンディショニング時の前記研磨手段の回転数、コンディショニング時間、及び前記コンディショニング手段の粗さ、の一種以上である。第7の視点において、前記設定手段は、前記ラン同士におけるトルク電流の最大値の変化量と、前回のコンディショニング荷重と、に基づいて、次のコンディショニング荷重を設定する。

【0010】第8の視点において、前記研磨手段は、研磨粒子又は屑を捕捉するトラップを備えた研磨パッドが貼着された研磨テーブルであり、研磨開始から t 時間経過後の前記摩擦力とコンディショニング条件の間に下式の関係がある： $\mu(t) = n \times h \times X \times r(t)$ 、 n は研磨パッド上のトラップ数、 h はトラップの深さ、 X はトラッ

プの幅、 $r(t)$ は研磨に寄与する有効トラップ率を表し、発生した屑によってトラップが徐々に埋められることにより経時的に減少する値である。

【0011】第9の視点において、基板の研磨工程中に該基板と研磨手段の間に作用する摩擦力を検出し、前記検出した摩擦力に基づいて前記基板の研磨工程毎に該基板の研磨に先立って前記研磨手段をコンディショニングし、次の基板の研磨工程を行う。第10の視点において、基板の研磨工程中に基板を研磨する研磨手段を駆動するためのトルク電流を検出し、前記トルク電流に基づいて前記研磨手段をコンディショニングし、次の基板の研磨工程を行う。第11の視点において、一の基板の研磨工程（以下これを「ラン」という）における前記トルク電流の最大値を検出し、ラン同士の最大トルク電流値の変化量と、前回のコンディショニング条件に基づいて、今回のコンディショニング条件を設定する。一の基板の研磨工程（ラン）では、一枚又は複数の基板を研磨する。

【0012】本発明によれば、基板の研磨工程中に、研磨手段のコンディショニング条件を設定するための情報が得られるため、コンディショニング条件を得るためのパイロット作業をランの合間に実行しなくてもよい。また、本発明によれば、基板の性状（例えば、デバイスパターン、膜種）が部分的に異なる場合も、基板の研磨工程中に部分的な性状に応じた局所的情報が得られるため、この情報に基づき部分的に異なる最適なコンディショニング条件を設定することも容易である。

【0013】また、製品となる基板の研磨工程中に、研磨手段のコンディショニング条件を設定するための情報が得られ、これらの情報がコンディショニング制御系にフィードバックされるため、ロット間のバラツキや基板上のパターンの相違、及び研磨手段の経時変化などの外乱に対して、直ちに適切なコンディショニング条件が設定され、時間管理のみで十分な研磨速度及び総研磨量の安定化が図られる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好ましい実施の形態を説明する。

【0015】本発明は、研磨工程(ラン)と研磨工程(ラン)との間に研磨手段のコンディショニングを行う“Ex-SITUコンディショニング”を用いる。図2は、Ex-SITUコンディショニングによる研磨シーケンスを説明するための図である。図2を参照して、この研磨シーケンスによれば、単数又は複数の基板を研磨装置に装着して $n-1$ 回目のランを行う(ステップ201)。次に、ダイヤモンド砥石やブラシなどのコンディショニング手段により研磨手段のコンディショニングを行う(ステップ202)。そして、 n 回目のランを行い(ステップ203)、 n 回目のラン終了後、またコンディショニングを行う(ステップ204)。

【0016】ここで、図1に示す研磨装置(装置の詳細は実施例の欄で説明する)を用いて、Ex-SITUコンディショニングした研磨パッドによりウエハを研磨し、研磨速度(除去速度)の経時変化を測定した結果を示す。なお、測定条件を下記に、測定結果を図3に示す。

【0017】研磨条件{研磨荷重7psi、研磨テーブル回転数20rpm、スピンドル回転数20rpm、スラリー流量100cc/min、コンディショニング条件、研磨テーブル回転数20rpm、コンディショニング時間2.2sec×20セクタ=44sec、ダイヤモンドディスク4インチ#100ダイヤモンド、スラリーSS-25:純水=1:1、研磨パッドIC-1000/Suba400、研磨ウエハ10000AP・TEOS膜}。

【0018】図3より、Ex-SITUコンディショニング後の基板の研磨工程において、研磨速度は時間と共に徐々に低下していき、ある時間経過後は一定となる傾向がある。そこで、本発明者らは、図3に示したように研磨速度が変化する理由を探究するため、図4(A)及び(B)に示すように、研磨中の研磨パッド表面状態変化を表すモデルを構築した。

【0019】図4(A)は、コンディショニング直後の研磨パッド表面状態を示す。図4(A)を参照して、コンディショニング直後、理想的に研磨パッド上のトラップ(砥粒を保持する溝)が全て有効に働くとすると、コンディショニング直後の基板研磨時、研磨パッドと基板間の摩擦係数 μ は、“ $\mu = n \times h \times X$ ”と表すことができる。ここで、 n 、 h 及び X はコンディショニング直後の研磨パッド初期状態を表すパラメータであって、 n は研磨パッド上の初期有効トラップ数、 h はトラップの初期有効深さ、 X はトラップの初期有効幅である。

【0020】図4(B)は、基板研磨後の研磨パッド表面状態を示す。図4(B)を参照して、基板研磨により研磨パッド屑(Pad dust)や基板研磨屑(SiO₂ dust)が発生する。ここで、研磨前のスラリー初期濃度をSCとすると、研磨時間経過と共に、実際に研磨に寄与するスラリー濃度は減少していき、研磨開始から t 時間経過後の屑濃度を $D(t)$ とすると、研磨開始から t 時間経過後の有効スラリー濃度は $SC / \{SC + D(t)\}$ と表すことができる。

【0021】そして、発生した屑によって、次第に研磨パッド表面のトラップが埋められていくから、研磨開始から t 時間経過後に、実際に研磨に寄与する有効トラップ率を $r(t)$ とすると、有効トラップ率 $r(t)$ は“ $r \times$

$$I(t) = A \times \text{瞬間研磨速度} \cdots (1) \quad (A \text{は定数})$$

【0027】

$$\Sigma I(t) = A \times \text{総研磨量} \cdots (2) \quad (A \text{は定数})$$

【0028】上式(1)は、瞬間的なトルク電流 $I(t)$ に基づき瞬間的な研磨速度が制御可能であることを示している。また、上式(2)は、研磨工程中に流れるトルク電流 $I(t)$ の総和に基づき総研磨量が制御可能であることを示

* $(t) = SC / \{SC + D(t)\}$ ”と表すことができる。よって、研磨パッドが有する t 時間経過後の有効トラップ数は“ $r(t) \times n = SC / \{SC + D(t)\} \times n$ ”である。

【0022】従って、研磨開始から t 時間経過後、研磨パッドと基板間に作用する摩擦係数は、“ $\mu = r(t) \times n \times h \times X$ ”と表すことができる。ここで、トラップの初期有効深さや初期有効幅などは研磨前のコンディショニング条件によって変えることができる。従って、基板研磨前に実行されるコンディショニング条件によって、基板研磨中に研磨パッドと基板間に発生する摩擦係数を制御できることが分かる。

【0023】さらに、上述の図3に示した測定結果から、基板の研磨速度と研磨パッドと基板間の摩擦係数の関係を求めた。図5は、研磨速度と摩擦係数の関係を示すグラフである。図5に示すように、両者には高い相関関係($R^2 = 0.959$)が存在する。よって、基板研磨前に実行されるコンディショニング条件を変えることによって、研磨手段-基板間の摩擦係数、さらに基板研磨速度を制御できることが分かる。例えば、あるランの最高研磨速度と他のランにおける最高研磨速度が実質的に同一となるように、ラン前に実行されるコンディショニングの条件を設定することができる。或いは、ラン中に発生する摩擦係数の総和が、各々のラン同士で互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定することができる。このように研磨速度を制御することにより、研磨速度低下による遅延や研磨速度上昇による基板の損傷などが防止されて、常に一定条件で基板が研磨されるため、歩留まりが向上する。

【0024】次に、本発明の一実施形態に係るコンディショニング条件設定方法を説明する。この実施形態においては、研磨手段として、研磨パッドが貼着された研磨テーブル、コンディショニング手段としてダイヤモンド砥石を用いて、研磨テーブルを駆動するためのモータに供給されるトルク電流(以下「研磨テーブルトルク電流」という)に基づきコンディショニング条件を設定する。

【0025】研磨テーブルトルク電流において、瞬間トルク電流 $I(t)$ 、所定期間に流れるトルク電流の総和 $\Sigma I(t)$ (或いは積分値)は、研磨速度、総研磨量と強い相関があり、下式のようにそれぞれ表すことができる。

【0026】

している。次に、研磨手段のコンディショニング条件と研磨速度、研磨量の関係について説明する。

【0029】図4(A)を参照して上述したように、コンディショニング終了直後(研磨前)、理想的に研磨パ

ッド上のトラップが全て有効に働くとすると、研磨パッドとウエハ間の摩擦力 μ は、“ $\mu = n \times h \times X$ ”と表すことができる。ここで、 n はトラップの数、 h はトラップの深さ、 X はトラップの幅である。

【0030】そして、図4(B)を参照して上述したように、研磨開始から t 時間経過後の有効トラップ数 $r(t) \times n$ は、“ $r(t) \times n = SC / \{SC + D(t)\} \times n$ ”である。ここで、 SC は有効なトラップ数、 $D(t)$ は t 時間経過後に埋まったトラップ数である。従って、研磨開始から t 時間経過後の摩擦力 $\mu(t)$ は“下式のよう

に表すことができる。

$$\text{【0031】 } \mu(t) = n \times h \times X \times r(t) \cdots (3)$$

【0032】但し、式(3)中、 n は研磨パッド上のトラップ数、 h はトラップの有効深さ、 X はトラップの有効幅、 $r(t)$ は有効トラップ率。

【0033】上記パラメータ n 、 h 、 X は、研磨工程前のEx-SITUコンディショニング条件によって決定されるため、以下の式が成立する。

【0034】

$$n = B \times s \times v \cdots (4) \quad (B \text{ は定数})$$

$$\text{MAX}(\mu(t)) = \mu_{\text{MAX}} = \text{定数} \times f \times s \times v \times d \cdots (8)$$

【0044】ここで、研磨テーブルを一定回転数で駆動するための研磨テーブルトルク電流値と、摩擦力には比※

$$\text{最大トルク電流値 } I_{\text{MAX}} = \text{定数} \times \mu_{\text{MAX}} = \text{定数} \times f \times s \times v \times d \cdots (9)$$

【0046】上式(9)より、最大トルク電流値 I_{MAX} は、コンディショニングの諸条件(f 、 s 、 v 、又は d)によって変化することが分かる。よって、コンディショニングの諸条件を式(9)に基づいて変化させることにより最大トルク電流値 I_{MAX} を一定になるよう制御でき、その結果、研磨工程間(ラン間)で最大研磨速度を互いに一定となるように制御できることが分かる。さらに、研磨工程間(ラン間)の総研磨量の差も極小化される(安定化される)。

【0047】また、上記実施形態では、研磨テーブルトルク電流の最大値が一定となるように、コンディショニング条件の設定をするが、これに代えて、基板研磨中に流れる研磨テーブルトルク電流の積分値(総和)が、ラン間で互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定してもよい。その結果、基板の総研磨量がラン間で互いに一定に制御できる。

【0048】本発明において、摩擦力に実質的に比例する信号として、研磨テーブルを駆動するモータの制御信号、或いは研磨テーブルないしモータ回転数信号を用いてもよい。例えば、研磨手段として、研磨パッドが貼着され、回転数一定制御される直流モータによって駆動される研磨テーブルを用いて、この直流モータに流れるトルク電流又はこの直流モータの制御信号に基づいてコンディショニング条件を設定する。

【0049】コンディショニング制御系は、研磨テーブルトルク電流信号が入力され、入力された信号に基づき

*【0035】但し、式(4)中、 s (変数)はコンディショニング中のテーブル回転数、 v (変数)はセクタ滞留時間(スイープ時間)。なお、セクタとは研磨パッド表面を幾つかに分割した平面であり、セクタ滞留時間とはあるセクタがコンディショニングされている時間をいう。

【0036】

$$h = C \times f \times d \cdots (5) \quad (C \text{ は定数})$$

$$\text{【0037】 } X = D \times d \cdots (6) \quad (D \text{ は定数})$$

【0038】但し、式(5)中、 f はコンディショニング荷重、式(6)中、 d はダイヤモンドディスクの粒径。

【0039】これらの式を用いると式(3)は以下のように変形できる。

【0040】

$$\text{摩擦力 } \mu(t) = \text{定数} \times f \times s \times v \times d \times r(t) \cdots (7)$$

【0041】但し、“ $f \times s \times v \times d$ ”は f 、 s 、 v 、 d を変数とする関数 $F(f, s, v, d)$ を表す。

【0042】上式(7)中、 $r(t)$ は減衰方程式(t の増加と共に減少する)として表されるから(図3参照)、式(7)より下式が導びかれる。

【0043】

※例関係が成り立つから、式(8)より下式が導びかれる。

【0045】

演算を行ってコンディショニング条件を設定し、設定したコンディショニング条件に相当する制御信号を出力する回路から構成できる。

【0050】設定するコンディショニング条件として、例えば、研磨手段に対するコンディショニング手段の荷重、コンディショニング時の研磨手段の回転数、コンディショニング時間、及びコンディショニング手段の粗さがある。コンディショニング手段として、砥石やブラシ、その他のドレッサを用いることができる。砥石の場合は砥粒の粒度、硬度など、ブラシの場合はブラシ毛の径、堅さを調整することなどによって、コンディショニング条件を変更することができる。

【0051】また、コンディショニング条件は、研磨パッドのセクタ毎に個別に設定することが好ましい。図6は、セクタ毎にコンディショニング条件を設定する方法を説明するための図である。同図中、添字1, 2, ..., n は研磨パッド表面を分割してなる各々のセクタ、 f はコンディショニング荷重(ダイヤモンドディスク5に印加される荷重)、 s は研磨テーブル回転数、 v はあるセクタにおけるダイヤモンドディスク5の滞留時間を示す。図6を参照して、研磨パッドの位置、研磨する基板の部分的な性状に応じて、研磨パッド1表面を n 個のセクタ1, 2, ..., n に分割し、コンディショニングパラメータ(f 、 s 、 v)をセクタ毎に設定することが好ましい。

【0052】本発明は、CMPに好適に適用され、特

に、ウエハ、又はデバイスパターン、金属膜、絶縁膜などの膜種が形成された半導体基板、多層配線基板の研磨に適用される。

【0053】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一実施例を説明する。

【0054】【実施例1】図1は実施例1に係る研磨装置を説明するための図である。図1を参照して、研磨パッド1が貼着された研磨テーブル3はテーブルモータ8によって回転駆動される。研磨テーブル3の回転数は付設されたエンコーダ9によって検出することができる。エンコーダ9が出力する回転数検出信号（実回転数信号）は、負帰還増幅回路11の一方の入力端子に入力され、負帰還増幅回路11の他方の参照入力端子には、研磨テーブル3の設定回転数が入力される。負帰還増幅回路11は、研磨テーブル3の実回転数と設定回転数を比較し、実回転数が設定回転数に近づくように、テーブルモータ8に供給されるトルク電流を制御する。

【0055】また、研磨パッド1の上方には、ウエハ2がキャリアを介してスピンドル7に保持されている。ウエハ2の研磨時（ラン工程）、研磨パッド1上に研磨剤を含んだスラリが供給されると共に、研磨テーブル3及びスピンドル7が回転され、ウエハ2が研磨パッドに押し付けられ、研磨パッド1表面のトラップに捕捉された*

$$\Delta I_{MAXn} = \text{定数} \times \Delta \mu_{MAXn} = \text{定数} \times \Delta f_{svd} \cdots (10)$$

【0060】式(10)において、 $s = C1$ 、 $v = C2$ 、 $d = C3$ 、但し $C1$ 、 $C2$ 及び $C3$ を定数とし、 f のみを変数とすると、式(10)は次のように変形される。

【0061】

$$\Delta I_{MAXn} = \Delta \mu_{MAXn} = \text{定数} \times \Delta f \cdots (11)$$

【0062】式(11)より、“ $\Delta \mu_{MAXn} = \text{定数} \times \Delta f$ ”の関係が成立するようにコンディショニング荷重 f の設定を行うことにより、全てのラン同士において最大トルク電流値 I_{MAXn} を一定に制御できることが分かる。

【0063】次に、コンディショニング制御系の動作を説明する。図7は、図1に示した研磨装置によるコンディショニング条件設定動作を説明するための図である。図1及び図7を参照して、研磨装置は $n-1$ 回目のランを実行する。コンディショニング制御系12は $n-1$ 回目のランにおける最大トルク電流値を検出し記憶する（ステップ701）。 $n-1$ 回目のラン終了後、コンディショニング荷重 f_{n-1} で $n-1$ 回目のコンディショニングが実行される（ステップ702）。 $n-1$ 回目のコンディショニング終了後、 n 回目のランが実行される。コンディショニング制御系12は n 回目のランにおける最大トルク電流値を検出し記憶する（ステップ703）。

【0064】 n 回目のラン終了後、コンディショニング制御系12は n 回目のコンディショニングにおけるコンディショニング荷重を設定する。まず、 n ラン目と $n-1$ ラン目の最大トルク電流値の差を $\Delta I_{MAXn} = I_{MAXn} -$

* 研磨剤によって研磨される。

【0056】さらに、研磨装置は、コンディショニング制御系12を有する。コンディショニング制御系12には、不図示のトルク電流検出手段からトルク電流検出信号が入力される入力部、トルク電流検出信号値、トルク電流検出信号の変化量とコンディショニング荷重の変化量の関係を表す式の定数などを記憶する記憶部、トルク電流検出信号及び記憶されている定数に基づいてコンディショニング条件を演算する設定部、設定されたコンディショニング条件に応じてコンディショニング駆動手段4に制御信号を出力する出力部から構成される。コンディショニング駆動手段4は、入力した制御信号に従って、コンディショニング手段であるダイヤモンドディスク5を駆動する。コンディショニング時、ダイヤモンドディスク5は、設定されたコンディショニング条件に従って、研磨パッド1表面をスイープする。

【0057】ここで、本実施例のコンディショニング条件設定原理について説明する。

【0058】上述の式(9)より、 $n-1$ 回目のランと n 回目のランにおける、最大トルク電流値の変化量 ΔI_{MAXn} と最大摩擦力の変化量 $\Delta \mu_{MAXn}$ には比例関係があり、さらに、最大摩擦力の変化量はコンディショニング条件の変化量に比例する（下式(10)）。

【0059】

I_{MAXn-1} を計算する（ステップ704）。そして、コンディショニング荷重を変数とし、他のコンディショニング条件を一定とし、 n 回目のコンディショニング荷重を f_n とすると、上述の式(11)より、 f_n が下式のように求められる（ステップ705）。

【0065】

$$f_n = \text{定数} \times \Delta I_{MAXn} - f_{n-1} \cdots (12)$$

【0066】式(12)中の定数はコンディショニング荷重と最大トルク電流値の関係から予め求めることができる。よって、最大トルク電流値の変化量及び $n-1$ 回目のコンディショニング荷重を式(12)に代入することにより、コンディショニング荷重 f_n が決定され、 n 回目のコンディショニングが実行される（ステップ706）。

【0067】次に、コンディショニング荷重を変えることによって、基板研磨中のトルク電流が制御できることを明らかにするために下記の実験を行った。すなわち、コンディショニング荷重20 lbs又は14 lbsでコンディショニングを行った後、ウエハを研磨して研磨中のトルク電流をそれぞれ測定した。図8はコンディショニング荷重20 (lbs)の場合、図9はコンディショニング荷重14 (lbs)とした場合、コンディショニング直後のラン（ウエハ研磨工程）におけるトルク電流の経時変化を示すグラフである。その他の実験条件は、実施の形態の欄に前掲したとおりである。

【0068】図8と図9を対比して、コンディショニン

グ荷重を大きくすることにより、直後のランにおける最高トルク電流値が高くなっている。よって、コンディショニング荷重の制御によって、基板研磨中の最大トルク電流値がラン間で一定に制御できることが分かる。

【0069】さらに、上記実験において、研磨開始から所定時間経過後のウエハ厚みを測定し研磨速度を求めた。図10に、コンディショニング荷重と、コンディショニング直後のランにおける研磨速度の関係を示す。図10中、白丸は研磨装置の左側ヘッドに取り付けたウエハ、黒丸は右側に取り付けたウエハによるデータである。

【0070】図10より、コンディショニング荷重を大きくすることにより、研磨速度が高くなっている。よって、コンディショニング荷重の制御によって、研磨速度が一定に制御できることが分かる。

【0071】また、図10を参照して、左側と右側ヘッドでウエハの研磨速度が異なっている。このようなヘッド取り付け位置を考慮して、研磨パッドのセクタ毎にコンディショニング条件を設定することが好ましい。

【0072】[実施例2] 実施例1においては、コンディショニング荷重を変数としたが、実施例2においてはコンディショニング中の研磨テーブル回転数を変数とし、他のコンディショニング条件を一定として、コンデ

$$\text{期間中の総研磨量} = \int I(t) dt = \text{定数} \times \int f s v d \times r(t) dt \cdots (12)$$

【0077】式(12)より、期間中の総研磨量は“ $\int f s v d$ ”の関数であるよって、コンディショニング条件(f, s, v, d)を変えることによって、期間中の研磨トルク電流値の総和、すなわち総研磨量を制御可能であることが分かる。また、実施例3のコンディショニング条件設定方法は、例えば、研磨中のトルク電流の変化がリニアではない場合にも対応できる。

【0078】

【発明の効果】本発明によれば、製品となる基板の研磨工程から、研磨工程の合間に実行されるコンディショニングの条件を設定するための情報が得られるため、コンディショニング条件設定のためのパイロット作業を、製品の研磨工程と製品の研磨工程の間(ラン間)に挿入する必要がない。また、本発明によれば、ロット間、研磨剤や研磨装置間のバラツキが吸収でき、研磨速度の経時変化が抑制され、基板厚さや基板表面状態に関してロット間のバラツキが減少する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る研磨装置を示す図である。

【図2】Ex-SITUコンディショニングによる研磨シーケンス図である。

【図3】Ex-SITUコンディショニング後の研磨工程における研磨速度の経時変化を説明するためのグラフである。

【図4】(A)及び(B)は、研磨による研磨パッド表面状

＊ィショニング中の研磨テーブル回転数と、コンディショニング後のランにおけるウエハ研磨速度の関係を調べた。コンディショニング中の研磨テーブル回転数以外の実験条件は実施例1と同様であり、実験結果を図11に示す。

【0073】図11より、コンディショニング中の研磨テーブル回転数とウエハ研磨速度には、ほぼ一定の比例関係があり、コンディショニング中の研磨テーブル回転数を変えることによって、ウエハ研磨速度を一定に制御できることが分かる。また、ウエハ研磨速度とトルク電流値は比例するから、コンディショニング中の研磨テーブル回転数を変えることによって、トルク電流値を一定に制御できることが分かる。

【0074】[実施例3] 前記実施例1及び前記実施例2においては、トルク電流の最大値がラン間で一定となるように制御するが、この実施例3においてはラン中に流れるトルク電流の総和(積分値)が一定となるように制御を行い、総研磨量をラン間で互いに一定に制御する。以下、実施例3を説明する。

【0075】上述の式(1)、(2)、(7)より次式が導かれる。

【0076】

態の変化を説明するための図であり、(A)は研磨前、(B)は研磨後の状態を示す。

【図5】研磨速度と摩擦力の関係を示すグラフである。

【図6】研磨パッドのセクタ毎にコンディショニング条件を設定する方法を説明するための図である。

【図7】本発明の一実施例に係る研磨装置の動作を説明するための図である。

【図8】コンディショニング後(コンディショニング荷重20lbs)の研磨工程において、研磨経過時間とトルク電流の関係を示すグラフである。

【図9】コンディショニング後(コンディショニング荷重14lbs)の研磨工程において、研磨経過時間とトルク電流の関係を示すグラフである。

【図10】コンディショニング荷重と研磨速度の関係を示すグラフである。

【図11】コンディショニング中の研磨テーブル回転数と研磨速度の関係を示すグラフである。

【図12】(A)及び(B)は、従来の研磨装置を説明するための図であり、(A)は正面図、(B)は上面図である。

【符号の説明】

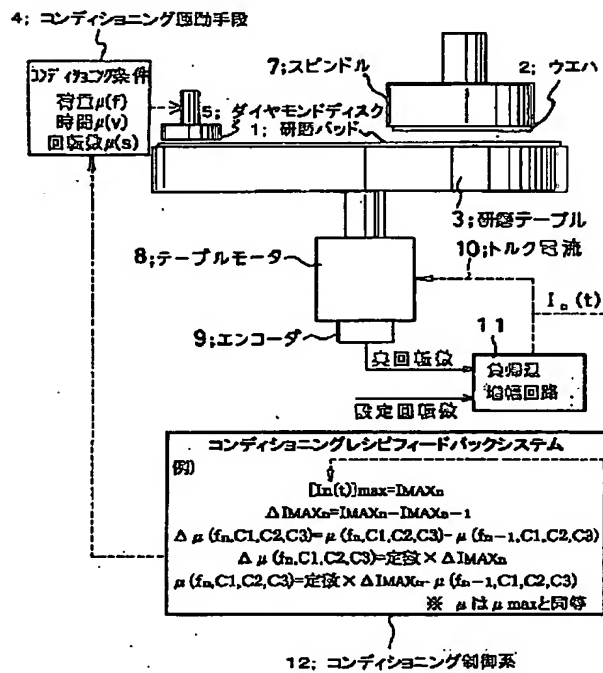
- 1 研磨パッド
- 2 ウエハ(基板)
- 3 研磨テーブル
- 4 コンディショニング駆動手段
- 5 ダイヤモンドディスク(砥石)

- 6 スラリ供給手段
- 7 スピンドル
- 8 テーブルモータ
- 9 エンコーダ
- 10 トルク電流
- 11 負帰還増幅回路
- 12 コンディショニング制御系

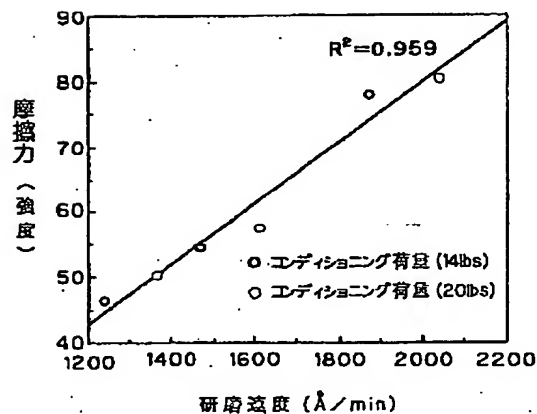
【要約】

【課題】 研磨対象の変化や研磨手段の経時変化などの外*

【図1】



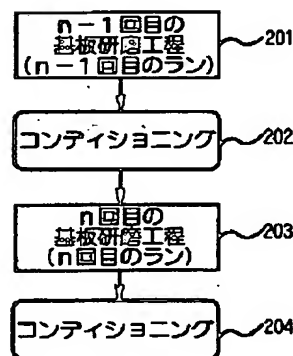
【図5】



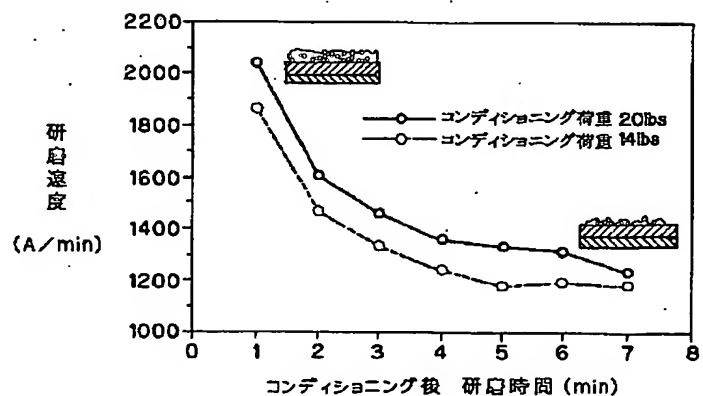
* 乱に拘わらず、安定した研磨が行われる研磨装置及び研磨方法の提供。

【解決手段】 基板を研磨する研磨パッド1、研磨パッド1が貼着された研磨テーブル3、研磨テーブル3を駆動するテーブルモータ8、研磨パッド1のコンディショニング手段5、コンディショニング条件を設定するコンディショニング制御系12を有し、研磨パッド1と基板間の摩擦力ないしトルク電流10に基づき、研磨パッド1のコンディショニング条件を設定する。

【図2】

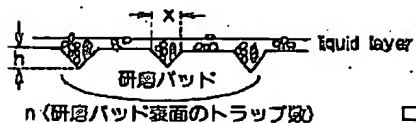


【図3】



【図4】

(A) 研磨前 (コンディショニング後)



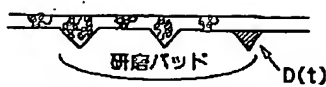
$$\text{摩擦力 } \mu = n^0 n^0 x$$

Pad dust

Slurry

$$\text{Slurry viscosity} (\text{Slurry viscosity} + \text{Pad dust viscosity} + \text{SiO}_2 \text{ dust viscosity}) = r$$

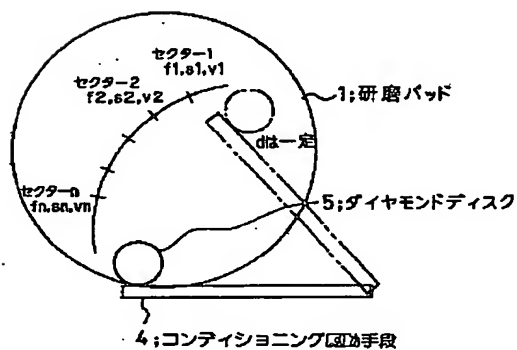
(B) 研磨後



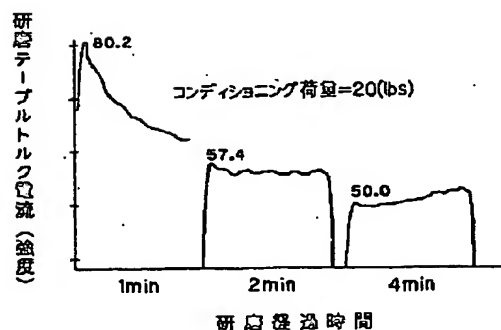
$$\text{摩擦力 } \mu = r(t) n^0 n^0 x$$

Dust (研磨屑)

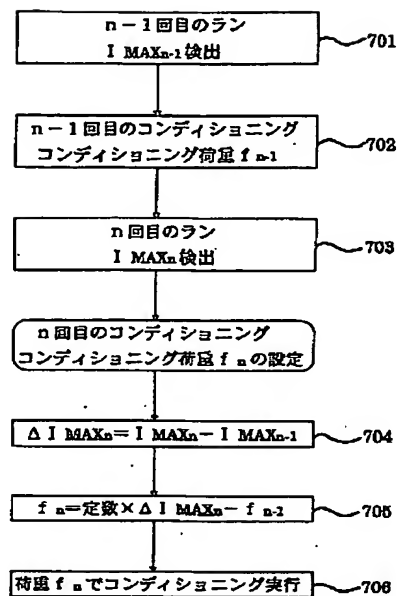
【図6】



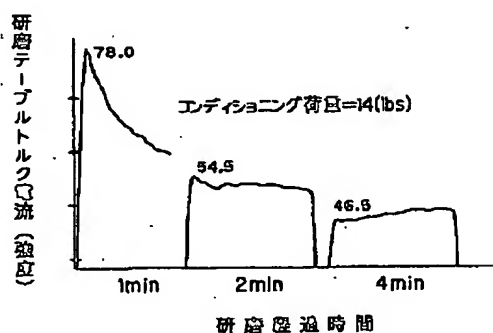
【図8】



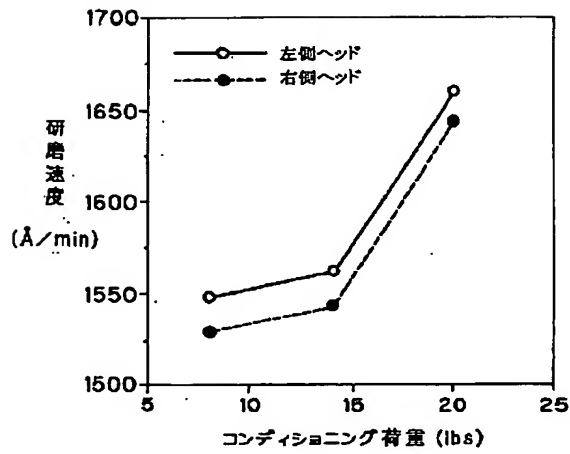
【図7】



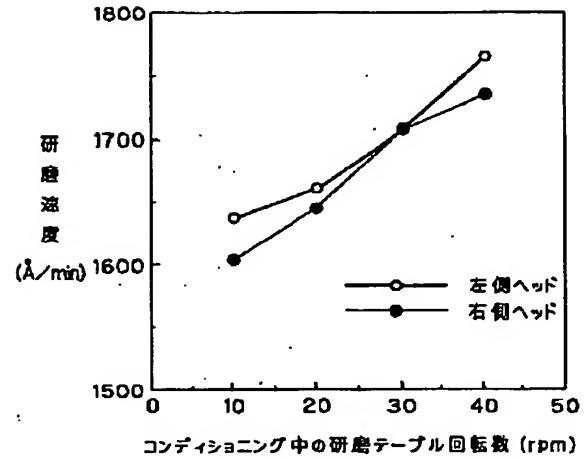
【図9】



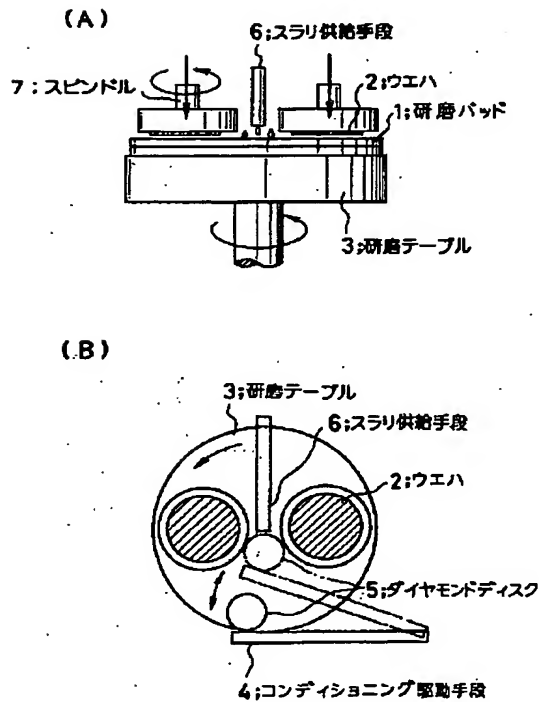
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平10-315124 (J P, A)
特開 平10-15807 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B名)
B24B 37/00
H01L 21/304 622